Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. Dr. Ewald Harndt

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TOPOGRAPHIE DES APIKALEN PULPENRAUMES OBERER ERSTER PRÄMOLAREN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der zahmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Karl-Heinz Seelmaecker
aus Berlin

1961

Druck:

Ernst - Reuter - Gesellschaft
der Förderer und Freunde der Freien Universität Berlin e.V.

Dissertations-Druckstelle

Berlin - Dahlem, Garystraße 45, Tel.: 76 52 81, App. 668

Aus der Poliklinik und Klinik für Zahn-, Mund- und
Kieferkrankheiten der Freien Universität Berlin
Direktor: Professor Dr. Dr. Ewald Harndt

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE TOPOGRAPHIE DES APIKALEN PULPENRAUMES OBERER ERSTER PRÄMOLAREN

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
Erlangung der zahmedizinischen Doktorwürde
an der
Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

vorgelegt von
Karl-Heinz Seelmaecker
aus Berlin

7543/61

Dekan: Professor Dr. med. Helmut Selbach

Referent: Professor Dr. med., Dr. med. dent. Ewald Harndt

Korreferent: Priv. Doz. Dr. med. dent. Werner Hielscher

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Freien Universität Berlin

Promoviert am: 18. Mai 1961

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet

D I S P O S I T I O N

		Seite
I.	E I N L E I T U N G	2
II.	L I T E R A T U R Ü B E R S I C H T	4
III.	E I G E N E U N T E R S U C H U N G E N	23
	1. Histologische Methodik	23
	2. Ergebnisse der histologischen Untersuchung	26
	3. Plastische Darstellung des oberen ersten Prämolaren eines Vierundzwanzigjährigen	31
	a) Material	31
	b) Modellherstellung	33
IV.	Vergleich der ermittelten Ergebnisse mit denen anderer Autoren	45
V.	D I S K U S S I O N	48
VI.	Z U S A M M E N F A S S U N G	58
VII.	L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S	59

I. EINLEITUNG

Über die Topographie der Zahnpulpa liegen von namhaften Autoren schon mehrere Arbeiten vor. Diese Veröffentlichungen sind bedeutungsvoll, da ihre Ergebnisse in Verbindung mit dem Problem der Wurzelbehandlung betrachtet werden, und die topographischen Einzelheiten in einem sehr engen Zusammenhang mit dem Erfolg oder Mißerfolg der Therapie stehen.

Da die Fokalinfektion in den letzten Jahren sehr stark in den Vordergrund allgemein medizinischer Betrachtungen getreten ist, und diese Tatsache starken Zweifel an einer einwandfreien Wurzelkanalversorgung eines avitalen Zahnes hat aufkommen lassen, liegt der Gedanke nahe, Untersuchungen über die Topographie des apikalen Pulpenraumes anzustellen.

Bei den bisher durchgeführten Untersuchungen über die Anatomie der Wurzelkanäle an den verschiedensten Zahngattungen, sowie auch teilweise deren plastische Darstellung, fehlte bisher jede örtliche Beziehung zum Zementmantel.

Bei dieser Betrachtungsweise ist von besonderer Bedeutung, ob, falls Ramifikationen vorhanden sind, diese in ihrem Verlauf den Zementmantel erreichen oder sogar durchlaufen und somit eine Seitenverbindung des Hauptkanals zur Wurzelhaut und damit zu dem den Zahn umgebenden Gewebe bilden, oder ob sie blind in der Dentinwand der Wurzel enden.

Daher wurde die Aufgabe gestellt, nicht nur eine plastische Reproduktion des apikalen Pulpenraumes zu schaffen, sondern durch gleichzeitige Darstellung des Wurzelzementes auch eine örtlich genaue Beziehung zur Wurzeloberfläche zu erbringen.

II. LITERATURÜBERSICHT

Um die Jahrhundertwende wurden die ersten Untersuchungen über die Anatomie der Wurzelkanäle gemacht. Man hatte sich bis dahin nur wenig mit dem feineren Bau des Wurzelkanals befaßt.

Klinische Beobachtungen jedoch wiesen darauf hin, daß es Variationen im feineren Bau der Kanäle geben müsse, und es lag der Gedanke nahe, daß sie für die Eigenheit mancher Krankheitsbilder von ursächlicher Bedeutung sein könnten.

Die Untersuchungen von D i e u l a f é und H e r p i n und von Eduardo M a u r e l, die durch Messung der Dicke der Zahnwandungen die Ausmaße der Pulpenhöhle zu bestimmen suchten, vermochten diesem Bedürfnis nur unvollkommen zu entsprechen.

Die erste genaue Beschreibung der Wurzelkanäle in Bezug auf deren Anzahl und Verlauf hat C a r a b e l l i (1844) gegeben.

P r e i s w e r k (3o) hat als Erster den anatomischen Beweis geliefert, daß die Wurzelkanäle einen viel komplizierteren Bau

aufweisen, als bisher angenommen wurde.

Zähne mit freigelegter Pulpa ließ P r e i s w e r k bei 30° C soweit mazerieren, bis eine genügende Zerstörung des Pulpengewebes gewährleistet war (etwa drei Wochen). Nachdem die Zähne gut ausgetrocknet waren, wurden sie mit Fließpapier umwickelt und in eine der Höhe des Zahnes entsprechend dicke Lage Gips eingebettet. Hierauf wurde ein 1o bis 12 cm hoher Trichter in dem Kronenpulparaum befestigt. Dann wurde das Ganze solange erwärmt, bis kleine, in den Trichter gelegte Woodmetall-Stückchen, anfingen, zu schmelzen. Die eigene Schwere der etwa 12 cm hohen Metallsäule drückte das flüssige Metall in die Hohlräume des Zahnes. Nachdem das Metall abgekühlt und somit vollkommen erstarrt war, wurde der aus dem Zahn hervorragende Teil abgeschnitten. Um den Metallkern von den Zahnhartsubstanzen zu befreien, wurden die ausgegossenen Zähne für drei bis vier Wochen in eine 2o %ige Kalilauge von 4o°- 45° C gebracht.

Über die so gewonnenen Metallausgüsse führt P r e i s w e r k aus:

..." daß sich nicht selten in gewissen Wurzeln ein anastomosierendes Kanalsystem vorfindet, das sich an den Korrosionen als reich verästeltes Metallgeflecht dokumentiert".

Durch P r e i s w e r k's Arbeit wurde die Anregung für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet gegeben.

Zunächst war es G. F i s c h e r (6), der einige Jahre später unter Verwendung einer Aceton-Celluloid-Lösung, großangelegte Untersuchungen über die feineren Verästelungen der Wurzelkanäle anstellte.

Nach der Mazeration des Pulpengewebes frisch extrahierter Zähne wurden diese sorgfältig gespült und getrocknet. Damit waren die Vorbereitungen für die Injektion einer Aceton - Celluloid - Lösung gegeben.

Die Mazeration des Dentins und die Lösung des Schmelzes geschah in einer 5o %igen Lösung chemisch reiner Salzsäure im Brutofen bei 25 °C und dauerte etwa 1o bis 14 Tage.

Kurz davor hatte P o r t (28), ohne besondere Methodik, durch gewöhnliches Aufsuchen der Kanäle mit Hilfe einer Sonde die Ver-

hältnisse bei unteren Molaren und oberen Prämolaren untersucht. Genaueres über den feineren Bau der Wurzelkanäle konnte er jedoch dabei nicht feststellen.

Es folgten weitere Untersuchungen über die Anatomie der Wurzelkanäle von L o o s (17), der durch verschiedene Ebenen des Zahnes Schliffe legte. Die feineren, apikalen Verzweigungen jedoch wurden in seiner Arbeit nicht behandelt.

Auch B a u m g a r t n e r (2) hat etwa zur gleichen Zeit an Hand von histologisch untersuchten Wurzelspitzen eine Verästelung des Wurzelkanals am Apex nachweisen können und daraufhin den Ausspruch von der mikroskopischen Amputation der Pulpa durch die Exstirpationsmethode geprägt.

F i s c h e r (8) geht später noch einmal anhand einer großen Anzahl von Bildern auf die bis dahin gemachten Untersuchungen ein und kommt zu dem Schluß, daß eine bis dahin unbekannte Mannigfaltigkeit von Eintrittsöffnungen der Pulpa in den Zahn besteht. Nach F i s c h e r's Untersuchungen kann von einer Einheitlichkeit des Durchtritts der Pulpa keine Rede mehr sein.

A d l o f f (1) machte kurze Zeit danach auf eine Methode aufmerksam, die von S p a l t e - h o l z zur Aufhellung von undurchsichtigen Präparaten zuerst beschrieben worden war.

A d l o f f und die italienischen Forscher F a s o l i und A r l o t t a waren die ersten, die von der Anwendungsmöglichkeit dieser Methode berichteten und eigene Forschungsergebnisse unter Zuhilfenahme dieser Methode mitteilten.
Nach Mazeration der Untersuchungs-Zähne schleuderte er flüssiges Wood-Metall in die Wurzelkanäle und hellte dann nach S p a l - t e h o l z die Zahnsubstanzen auf. Die oft erreichte glashelle Durchsichtigkeit der Zähne zeigte aber, wie häufig die Kanäle und deren Ramifikationen mangelhaft gefüllt waren.

Neue Resultate in Bezug auf die Anatomie der Wurzelkanäle konnten bei diesen Untersuchungen nicht erzielt werden.

Die Methode F a s o l i - A r l o t t a weicht in einigen Punkten von der A d - l o f f's ab. So wurde bei diesen Untersuchungen in die mazerierten, gespülten und getrockneten Zähne, d.h. in deren Wurzelkanäle, eine Gelatine - Zinnober - Suspension gespritzt. Der genaue Ablauf dieser Methode

soll nicht im einzelnen angeführt werden. Nach dem Einfüllen dieser Suspension wurden die Zähne in Formalin fixiert, entkalkt, neutralisiert, in H_2O_2 gebleicht, in der aufsteigenden Alkoholreihe entwässert und dann nach dem S p a l t e h o l z' schen Verfahren behandelt.

Die Methode von M o r a l (25) stellt eine Abänderung des S p a l t e h o l z' schen Verfahrens dar, die beachtliche Ergebnisse aufwies. Sie war in hohem Maße geeignet, feinste Verzweigungen der Wurzelkanäle zur Darstellung zu bringen.
Mazerierte Zähne werden gebleicht, entwässert und gut getrocknet, dann wurde mit Sonden und Nadeln chinesische Tusche in die Wurzelkanäle gefüllt und nach dem K r a u s e' schen Verfahren durchsichtig gemacht.
Das neue Vorgehen der drei Forscher, welches das S p a l t e h o l z' sche Verfahren zur Grundlage hat, bietet einen ganz besonderen Vorzug. Alle drei Methoden lieferten Ergebnisse, die - im Gegensatz zu den Korrosionsmethoden,bei denen Zement und Dentin verloren gingen, - eine sehr wertvolle körperliche Vorstellung über das Verhältnis des Pulpenraumes zum Zahnganzen vermittelten.

F e i l e r (5) stellte mikroskopische Untersuchungen von Schnittpräparaten und Serienphotographien von Längsschliffen an. Aufgrund seiner Untersuchungen ist er der Ansicht, daß die alten Anschauungen von der Einheitlichkeit des Wurzelkanals auch am Foramen apicale zu Recht bestehen.

Die zu jener Zeit gründlichsten und umfassendsten Untersuchungen auf diesem Gebiet sind von H e s s (13) angestellt worden.

Die Mazeration geschieht in gleicher Weise wie bei F i s c h e r.

Die gut getrockneten Zähne wurden in einer gut schließenden Cuvette in Gips eingebettet. Nach dem Erstarren des Gipses wurde bei jedem eingebetteten Zahn die Pulpahöhle mit Kautschuk verschlossen, die Oberfläche mit Talkum eingerieben und das Gegenmodell hergestellt. Nach dem Öffnen der Cuvette wurden die Wurzelkanaleingänge und der Pulpenraum mit rotem Kautschuk vollgestopft. Ein Überschuß an Kautschuk mußte vor dem Schließen der Cuvette auf die Pulpenkammer gelegt werden. Die Cuvette kam dann für etwa 2o Minuten in kochendes Wasser, danach wurde sie unter einer Presse langsam geschlossen. Darauf wurde der Kautschuk nach dem bekannten Verfahren bei 7 Atm. eine Stunde lang vulkanisiert.

Nachdem der Zahn ausgebettet war, wurden Schmelz und Dentin in 5o %iger Salzsäure zur Auflösung gebracht und somit das rot gefärbte Präparat, eine Reproduktion des Pulpenraumes darstellend, von seiner Umhüllung befreit.

Ein besonderes Verdienst von H e s s ist die Einordnung seines Untersuchungsmaterials in Altersstufen.
So schreibt H e s s :„ Was den Einfluß des Alters auf die Form und Anzahl der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses anbetrifft, so zeigte sich, daß im allgemeinen im jugendlichen Alter die Wurzelkanäle sehr voluminös sind, ohne irgendwelche Komplikationen im inneren Bau aufzuweisen, solange das Foramen apicale nicht geschlossen ist." So konnte an den Zähnen seiner Untersuchungsreihe festgestellt werden, daß im jugendlichen Alter keine apikalen Verzweigungen vorkommen und erst in den Jahren nach Schluß des Foramen apicale die feinen Verästelungen der Pulpa an der Wurzelspitze auftreten.

Außerdem wurde von H e s s festgestellt, daß die prozentual meisten Verzweigungen im Alter von 2o bis 4o Jahren anzutreffen sind. Als abschließenden Bericht konnte Verfasser anhand

seiner zahlreichen Untersuchungen - er stellte neben der plastischen Reproduktion des Pulpenraumes noch histologische Untersuchungen an 5o Zähnen aller Gattungen an - sagen, daß feinere apicale Verzweigungen an sämtlichen Zahngattungen regelmäßig vorkommen, in einem für jede Zahngattung verschiedenen Zahlenverhältnis.

1924 erschien eine Arbeit von J u n g h e n n (14), der eine neue Methode anwandte, um alle Fehlerquellen ausschalten zu können, die bisher, seiner Ansicht nach, nicht berücksichtigt worden waren.

Seine Forderung ging darauf hinaus, bei der Darstellung der Pulpa ein Verfahren anzuwenden, bei dem das Dentin nicht zerstört wird, um die topographischen Beziehungen der Pulpa zum Zahnkörper hinterher feststellen zu können, d.h. wie tief eventuell zur Darstellung gelangte Seitenkanälchen in das Dentin eindringen.

Das für die Darstellung des Pulpenraumes verwendete Injektionsmittel muß:

1. die Fähigkeit besitzen, sämtliche, auch die feinsten Kanäle auszufüllen, wobei zurückgebliebene Pulpenreste kein Hindernis für das injizierte Mittel bieten dürfe.

2. eine gewisse mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit den betreffenden Bädern gegenüber aufweisen.

3. einen Farbstoff enthalten, der nicht in die Dentinwände des Wurzelkanals einzudringen vermag.

Die Zähne wurden mazeriert und in der schon mehrfach beschriebenen Weise für die Injektion vorbereitet. Als Injektionsmasse benutzte J u n g h e n n eine Paraffin - Zinnober - Mischung. Auf den Vorgang im einzelnen soll hier nicht eingegangen werden.
Zum Durchsichtigmachen der Präparate entschied sich Verfasser für die K r a u s e' sche Methode mittels Karbolsäure, denn das von ihm zum Füllen der Zähne verwandte Paraffin hätte sich in den ätherischen Ölen, die das S p a l t e h o l z' sche Verfahren zur Aufhellung benutzt, gelöst.
J u n g h e n n kam anhand seiner Präparate zu der Überzeugung, daß die von P r e i s w e r k, F i s c h e r und H e s s aufgestellten Thesen über die Besonderheiten im anatomischen Bau der Wurzelkanäle zu Recht bestehen.
Kurze Zeit danach haben sich andere Forscher mit der Darstellung des Pulpenraumes befaßt.

So unter anderen O k u m u r a (27) und K e l l e r (15).

O k u m u r a benutzte ein Röntgenverfahren für seine Untersuchungen. Welche Füllmasse er als Kontrastmittel in Anwendung brachte, ist unbekannt.

K e l l e r wandte eine in geringem Maße abweichende Methode von F a s o l i - A r l o t t a an, in der er statt des Zinnobers bei seinen Untersuchungen Berlinerblau als Farbzusatz benutzte.

Es waren Untersuchungen an oberen und unteren Molaren.

R i c h t e r (33) wandte eine dem O k u m u r a' schen Verfahren ähnliche Methode zur Untersuchung der Topographie des Pulpenraumes an.

Der Verfasser wies unter Verwendung eines sehr röntgenkontrastreichen Füllmaterials die Verästelung des Wurzelkanals röntgenologisch nach.

R i c h t e r ging als erster auf die Möglichkeit ein, daß Lufteinschlüsse der Ausfüllung feinster Kanalverzweigungen im Wege stehen könnten. Zur Verhinderung dieser Fehlerquelle entwarf und konstruierte er eine Apparatur, die es möglich machte, die Zähne im Vakuum zu füllen.

Als Füllmasse wurde Quecksilber verwandt, das

die gestellten Forderungen erfüllte.
Auf den Ablauf der Untersuchungen im einzelnen soll hier nicht eingegangen werden.
R i c h t e r stellt anhand seiner umfangreichen Untersuchungen nicht nur Ramifikationen an einem bestimmten Prozentsatz der Zähne fest, sondern geht auch auf die Entfernung der Abzweigungen vom Apex ein. Daher unterscheidet R i c h t e r hochgelegene Ramifikationen (über 3 mm vom Apex entfernt) und apikale Verzweigungen, sogenannte Deltabildung.

Die apikalen Verzweigungen, so stellt dieser Verfasser fest, scheinen vom Alter abhängig zu sein, wie dies von H e s s schon angegeben wurde, d.h. sie konnten an jugendlichen Zähnen nicht ein einziges Mal nachgewiesen werden.

Ganz im Gegensatz dazu scheinen die hochgelegenen Ramifikationen vom Alter unabhängig zu sein; sie wurden auch an jugendlichen Zähnen mit sehr weitem Foramen apicale angetroffen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen sollen an anderer Stelle angeführt werden.

K l e e s (16) hat Pulpa - Periodontal-Kanäle, d.h. atypische Kanäle, die das Pulpenkavum mehrwurzeliger Zähne mit dem interradikulären

Periodontium an der Spitze der Bifurkation verbindet, festgestellt und an Schliffen nachgewiesen.
An oberen Prämolaren wurden diese Verbindungen häufig festgestellt.
Die nicht geringe Bedeutung dieser Kommunikationen zwischen Pulpa und Wurzelhaut für die Wurzelbehandlung wird vom Verfasser aufgezeigt.

Bis dahin war bei allen Darstellungsmethoden versucht worden, Substanzen in die Kanäle und deren Abzweigungen zu applizieren.

M e y e r (18, 2o, 22, 23), der sehr umfangreiche Untersuchungen auf diesem Gebiet angestellt hat, weist darauf hin, daß auch nach der sorgfältigsten Mazeration des Pulpengewebes Gewebsreste in den Kanälen zurückbleiben und daher die vollständige Ausfüllung der Hohlräume durch das eingebrachte Material nicht gewährleistet ist.

M e y e r hat daher für die Darstellung der anatomischen Verhältnisse der Wurzelkanäle erstmalig die B o r n' sche Plattenmodellier-Methode herangezogen.
Er ging dabei wie folgt vor:
Die für die Untersuchungsreihe vorgesehenen Zähne wurden entkalkt, in Celloidin eingebettet und mit Karmin gefärbt. Von jedem Zahn wurde

eine lückenlose Schnittserie hergestellt, auf eine Glasplatte aufgetragen und zugedeckt.

Von jedem Zahn stellte er 12o Schnitte von einer Stärke von o,o5 mm her, d.h. 6 mm der Wurzelspitze kamen zur Untersuchung. Jede Serie wurde unter einem Mikroskop untersucht und im Projektions-Zeichenapparat gezeichnet. Von den 'markantesten Objekten' wurden Wachsmodelle nach der alten B o r n 'schen Methode in fünfzigfacher Vergrößerung hergestellt. Dies geschah folgendermaßen:

"Die Wurzelkanal-Lumina der Schnittserie werden im Vergrößerungsverhältnis 5o : 1 Schnitt für Schnitt im Projektionsapparat gezeichnet. Diese Zeichnungen werden mit einem Kohlepapier auf maßgerechte Wachsplatten übertragen. Dann werden die auf die Wachsplatten übertragenen Wurzelkanal-Lumina ausgeschnitten und - selbstverständlich genau der Reihe nach - zusammengesetzt, so daß das Kanal-Lumen als Modell entsteht."

Verfasser sieht in seiner Methode - ganz im Gegensatz zu den Darstellungsverfahren anderer Autoren - die allein zuverlässige und fehlerlose. Seine dargestellten Modelle, so meint er, seien einprägsame Anschauungsstücke und geeignet, die Probleme der 'sogenannten Wurzelbehandlung' zu demonstrieren.

F i s c h e r (1o) nimmt zu M e y e r 's Rekonstruktionsverfahren Stellung und teilt zum ersten Mal mit, daß auch er schon 19o7 Versuche angestellt hat, mit Hilfe der B o r n' - schen Plattenmodelliermethode, den Verlauf der Wurzelkanäle plastisch darzustellen. Unter mühseligen Versuchen erzielte er nur grobe Verzweigungen und hat daher die Untersuchungen auf dieser Basis eingestellt.

P r o e l l (31) nimmt ebenfalls zu M e y e r' s Arbeit Stellung; er bezeichnete seine hergestellten Modelle als zu grobe Rekonstruktionen der Kanalverhältnisse.

In diesem Zusammenhang wird B e r n a r d (3) angeführt, der anhand einer experimentellen Iontophorese die Ausgänge der Pulpennebenäste in ihrer Gesamtheit anzuzeigen vermochte.
P r o e l l hält die letztgenannte Methode für präziser, räumt aber ein, daß die Blindgänge dabei nicht erfaßt werden können.

Die bisher angeführten Autoren haben sich fast ausschließlich mit der deskriptiven Anatomie und der plastischen Reproduktion der Wurzelkanäle befaßt.

Es sollen abschließend noch einige Autoren angeführt werden, die aus den gegebenen Verhältnissen die entsprechenden Schlüsse für den Erfolg oder Mißerfolg der Wurzelbehandlung

ziehen.

W a e c h t e r (36) ist der Ansicht, daß, wenn einwandfrei nachzuweisen ist, daß die Seitenkanälchen das Periodontium erreichen, eine Wurzelbehandlung nicht mit Erfolg durchgeführt werden kann.

Auch R e b e l (32) geht bei seiner Betrachtung über die Behandlung seröser Pulpitiden auf die Anatomie des Wurzelkanals ein. R e b e l hat sich davon überzeugen lassen, daß der Wurzelkanal nicht - wie ursprünglich angenommen wurde - einen einheitlichen, gerade verlaufenden Endkanal mit einem Foramen apicale darstellt, sondern einen sehr komplizierten bizarren Bau aufweist.
Die von M e y e r veröffentlichten Reproduktionen dieser Kanäle, die bis zu 24 Endkanäle aufwiesen, fanden allerdings auch gewissen Widerspruch. So hat z.B. H a r n d t (1956) (Kasseler Tagung der Deutschen Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferkrankheiten) darauf hingewiesen, daß die Modelle nicht erkennen ließen, ob die vielfachen Seitenverzweigungen durchgehende Kanäle oder nur blind endende Divertikel seien.
S c h u b e r t (35) nimmt zu einer Umfrage

über das Wurzelbehandlungsproblem, angestellt von C o l o m b o, G. in den Z.M., H.9 196o, wie folgt Stellung:

Von M e y e r (24) war der Vorwurf erhoben worden, daß seine Rekonstruktionsmodelle als anatomische Grundlage der Wurzelbehandlung dargelegt, bei der Umfrage außer acht gelassen worden seien.

S c h u b e r t muß zugeben, daß bis dahin noch kein den anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung entsprechendes Verfahren bekannt sei. „Man müßte darum bei Würdigung des Standpunktes M e y e r' s die Wurzelbehandlung generell verwerfen, da es unmöglich ist, dabei den anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung gemäß zu handeln. Es müßte somit folgerichtig auf die sogenannte Wurzelbehandlung verzichtet werden und damit Hekatomben kariöser Zähne, deren Pulpa nicht mehr vital erhalten werden kann und bei denen die Indikation für eine Pulpavitalamputation nicht gegeben ist, gleich den Zähnen mit zerfallenem Mark der Zange verfallen. Von dieser Gebißverstümmelung würden aber nicht nur Menschen höheren Alters, sondern nicht minder jüngere Jahrgänge betroffen.

Damit würde sich bei uns das wiederholen, was

vor Jahrzehnten zur Verhütung der Oralsepsis schon unzähligen amerikanischen Bürgern das natürliche Gebiß gekostet hat. Soll man darum nur auf die Vermutung hin, daß der Wurzelkanal vielleicht bizarre Aufzweigungen, Nebenkanäle und apicale Ramifikationen hat, die Wurzelbehandlung unterlassen und extrahieren ?

Diese Frage wird man weder mit einem strikten Ja, noch mit nein beantworten können. Bei der Entscheidung darüber, was zu tun ist, werden nicht nur die Durchlässigkeit des Hauptwurzelkanals, sondern auch die allgemeine Reaktionslage und die körperliche und seelische Verfassung des Patienten mitzusprechen haben."

Betrachtet man rückschauend alle histologischen Untersuchungen und plastischen Darstellungsverfahren zur Klärung der anatomischen Feinheiten des Wurzelkanals, so muß man feststellen, daß schon viele Möglichkeiten, eine körperhafte Wiedergabe des wohl sehr komplizierten Baus des Wurzelkanals zu schaffen, Anwendung gefunden haben.

M e y e r bezeichnet seine Wachsmodelle als 'einprägsame Anschauungsstücke' für eine Demonstration des Wurzelbehandlungsproblems.

Es ist nicht schwer einzusehen, daß diese Modelle noch einer Ergänzung bedürfen. Aus diesem Grunde soll anhand eigener Untersuchungen die Rekonstruktion der anatomischen Wurzelkanalverhältnisse durch gleichzeitige plastische Darstellung des die Zahnwurzel umgebenden Zementes an oberen ersten Prämolaren, als Musterbeispiel für alle Zähne des Gebisses, ergänzt werden. Ferner sollen von diesen Zähnen auch verschiedene Altersstufen zur Überprüfung gelangen.

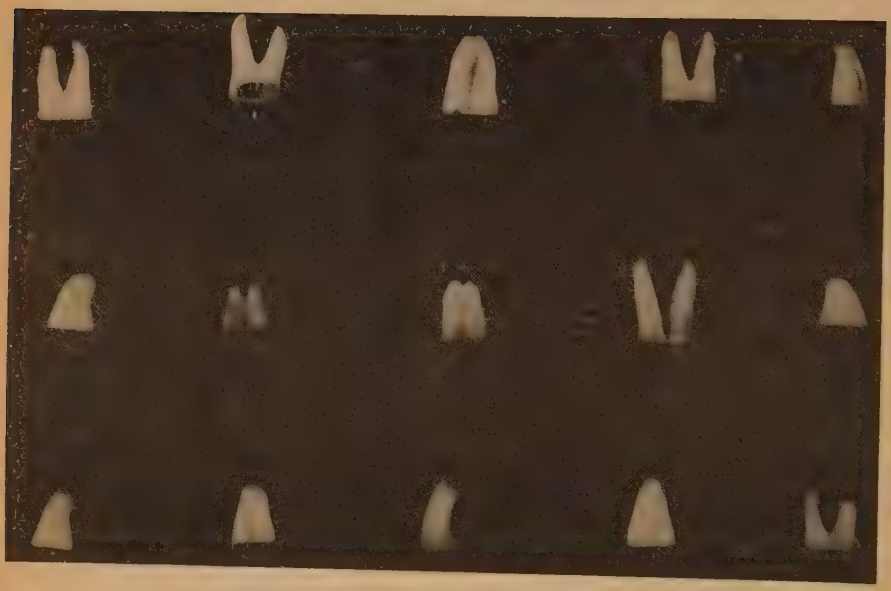
III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN.

1. Histologische Methodik.

Zu den Untersuchungen wurden 22 obere erste Prämolaren verschiedener Altersstufen herangezogen. Sofort nach der Extraktion wurden die Zähne für mehrere Tage in eine 1o %ige Formalinlösung gelegt.
Die Kronen sämtlicher Zähne wurden mit einer Diamantscheibe abgetrennt, um eine bessere Durchdringung des Zahnmarkes in der Formalinlösung zu ermöglichen. Die von den Kronen abgetrennten Wurzeln wurden fotografiert.

Wurzel des Modellzahnes.

Sämtliche zur histologischen Untersuchung herangezogenen Wurzeln.



Die Entkalkung erfolgte in einem Gemisch aus:

5o % Formalin	1o %ig
5o % Ameisensäure	85 %ig.

Die Entkalkungsdauer betrug etwa 4 Wochen, je nach Größe des Zahnes. Zur Kontrolle einer restlosen Entkalkung sind Röntgenaufnahmen hergestellt worden.

Nach der Entkalkungszeit wurden die Zähne 24 Stunden gewässert, danach in der aufsteigenden Alkoholreihe entwässert.
Darauf folgte die Einbettung der entkalkten, dehydrierten Zähne in 2 %, 4 %, 8 %igem Celloidin. Sie wurden auf Stabilitklötzchen im Exsiccator eingedickt und in 7o %igem Alkohol gehärtet.
Diese für die Herstellung der Schnitte zubereiteten Celloidin-Blöcke wurden, aus Gründen der späteren räumlichen Orientierung der einzelnen Schnitte, mit Richtlinien versehen.
Mit dem Schlittenmikrotom wurden lückenlose Serienschnitte von 5o μ angefertigt. Jede Serie umfaßte 12o Schnitte, d.h. 6 mm des apikalen Anteiles wurden in die Untersuchungen einbezogen.
Diese Schnitte wurden mit Hämalaun - Eosin nach P. M a y e r gefärbt, mit Cedax eingedeckt und im Brutschrank getrocknet.

2. Ergebnisse der histologischen Untersuchung.

Die annähernd 3ooo histologischen Schnitte der insgesamt 22 Zähne wurden mikroskopisch untersucht und mit Hilfe eines Projektors vierzigfach vergrößert betrachtet und danach fortlaufend von jedem Schnitt Zeichnungen angefertigt.

Bei der histologischen Durcharbeitung der einzelnen Serien mußten 5 Zähne infolge offensichtlich gesetzter Artefakte aus der Versuchsreihe ausscheiden.
Die Ergebnisse der im einzelnen festgestellten topographischen Feinheiten im Verlauf der Pulpa und ihre Beziehung zum Zement sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt worden.

Den nun in einer Tabelle zusammengefaßten Befunden soll eine Festlegung der Nomenklatur vorangehen.
So werden bei den hier vorliegenden Untersuchungen in Anlehnung an M e y e r' s Einteilung alle Abzweigungen der Hauptkanäle, die das Periodontium erreichen, als durchgehende Seitenkanälchen bezeichnet. Alle übrigen Abzweigungen, die also nicht bis zur Wurzelhaut vordringen, sollen die Bezeichnung 'Blinde Enden' erhalten.

Zusammenstellung der bei der Durcharbeitung der histologischer Serienschnitte erhobenen Befunde.

Zahn	Alter	Wurzelanzahl	Anzahl d. durchgehenden Seitenkanälchen	Entf. v. Apex (mm)	Anzahl der Blinden Enden	Entf. v. Apex (mm)
4/	14 J.	3	2	4,7; 2,05;	2	3,95; 1,65;
\4	15 J.	2	3	2,2; 1,55; o,95;	2	1,2 ; 1,1 ;
\4	16 J.	1	1	o,9;	1	1,5 ;
\4	24 J.	2	o	Modell	1	o,75;
\4	25 J.	1	2	o,5; o,35;	4	2,5; 1,65; 1,5; 1,o;
\4	26 J.	1	2	1,65; 1,4;	2	3,o; 1,45;
\4	34 J.	1	4	1,15; 1,o; o,7; o,1;	1	1,5;
4/	42 J.	1	2	5,o; 1,35;	6	2,4; 2,3; 2,25; o,8; o,55; o,54;
\4	43 J.	1	o	----------	7	5,85; 5,15; 3,75; 2,7; 1,5 ; o,75; o,25;
4/	46 J.	1	2	2,85; 2,15;	4	3,9; 3,7 ; 3,2 ; 3,1;
\4	5o J.	2	2	3,5; o,8 ;	5	5,4; 3,55; 3,45; 3,25; o,6 ;
4/	5o J.	1	1	3,5	1	4,5;
4/	54 J.	2	1	2,2;	3	3,35; 2,5 ; 2,25;
4/	55 J.	1	1	1,25	9	3,5; 3,15; 2,45; 2,o; 1,7 ; 1,15; 1,1; o,95; o,5 ;
\4	56 J.	2	2	2,7 ; o,2 ;	5	4,7; 3,45; 2,75; 2,5; 2,4 ;
4/	6o J.	1	o	---------	o	----------
4/	63 J.	2	3	5,1 ; 4,o; 1,15;	o	----------
		25	28		53	

Ergebnisse der umseitig aufgeführten Tabelle.

Von 17 Zähnen wiesen auf:

3	Zähne	=	o	Durchgehende	Seitenkanälchen
4	"	=	1	"	" "
7	"	=	2	"	" "
2	"	=	3	"	" "
1	"	=	4	"	" "

2	Zähne	=	o	Blinde	Ecken
4	"	=	1	"	"
3	"	=	2	"	"
1	"	=	3	"	"
2	"	=	4	"	"
2	"	=	5	"	"
1	"	=	6	"	"
1	"	=	7	"	"
1	"	=	9	"	"

Bei der Untersuchung von 17 Zähnen, die insgesamt 25 Wurzeln zeigten, konnten 35 Hauptkanäle festgestellt werden.

Von den 35 Hauptkanälen zweigten 28 durchgehende Seitenkanälchen und 53 blinde Enden ab.

Unterteilung der histologisch untersuchten 6 mm der Wurzelspitze zur besseren Übersicht der vom Hauptkanal abzweigenden durchgehenden Seitenkanälchen und der blinden Enden.

Einteilung zu je o,5 mm vom Apex an

o,5	1,o	1,5	2,o	2,5	3,o	3,5	4,o	4,5	5,o	5,5	6,o
4	5	5	2	4	2	2	1	o	2	1	o

Durchgehende Seitenkanälchen

o,5	1,o	1,5	2,o	2,5	3,o	3,5	4,o	4,5	5,o	5,5	6,o
2	8	9	4	9	3	8	5	1	1	2	1

Blinde Enden

Höchstzahl der ermittelten durchgehenden Seitenkanälchen: 4

Höchstanzahl der ermittelten blinden Enden : 9

In den ersten 4 mm vom Apex entfernt sind die meisten

1. Durchgehenden Seitenkanälchen: 24 von 28
2. Blinde Enden : 43 von 53

ermittelt worden.

Unter Berücksichtigung der Altersstufen konnte festgestellt werden:

Bei 7 Zähnen im Alter von:

	Seitenk.	Blinde Enden
14 - 34 Jahren	14	4
Höchstzahl	4	4

Bei 1o Zähnen im Alter von:

	Seitenk.	Blinde Enden
42 - 63 Jahren	14	4o
Höchstzahl	3	9

Trotz des relativ geringen Untersuchungsmaterials kann man erkennen, daß durchgehende Seitenkanälchen mit zunehmendem Alter abnehmen, Blinde Enden aber häufiger anzutreffen sind.

Überprüft man die Abzweigungen in ihrer Entfernung vom Apex, so läßt sich bei den verschiedenen Altersstufen kein wesentlicher Unterschied feststellen.

3. Plastische Darstellung des oberen ersten Prämolaren eines Vierundzwanzigjährigen.

a) Material

Von den einwandfreien Schnittserien wurde eine Serie, die eines Vierundzwanzigjährigen entnommen, um 6 mm der Wurzelspitze, d.h. des Pulpenraumes und des Zementes in 4o-facher Vergrößerung unter Verwendung von Wachsplatten (Plattenmodelliermethode nach B o r n) räumlich darzustellen.

Hierfür wurden Wachsplatten in einer Stärke von 2 mm benötigt, um der entsprechenden Vergrößerung, nämlich einer 4o-fachen, Rechnung tragen zu können.

Die Versuche, Wachsplatten von 2 mm Stärke selbst herzustellen, scheiterten an Ungenauigkeiten. So wiesen die mittels eines Lithographensteines und entsprechender Metallplatten fertiggestellten Platten bei der Stärkemessung eine Differenz von $^{4}/_{1o}$ - $^{9}/_{1o}$ mm auf. Mit Rücksicht auf die sich, speziell bei der Vergrößerung von 12o Schnitten, ergebenden größeren Ungenauigkeiten, wurden die Wachsplatten bei einer Spezialfirma in Auftrag

gegeben. Die Stärke-Differenz dieser Platten betrug im Durchschnitt nicht über $^{2}/_{10}$ mm. Insgesamt wurden 120 Platten in der Größe 34,5 x 22 cm und in der Stärke von 2 mm von den HEKO-Werken Berlin bezogen.

Diese in einem Sonderformat hergestellten Platten aus einer Wachsart, deren Schmelzpunkt bei 35 °C lag, kamen für die Herstellung des Modells zur Verwendung.

Zur Darstellung des Wurzelzementes wurde ein Material benötigt, das:

1. durchsichtig,
2. in großen Mengen zu verarbeiten ist,
3. längere Zeit plastisch bleibt,
4. bei Verarbeitung möglichst wenig Temperatursteigerung aufweist.

Nach mehreren Mißerfolgen bei einer Probeverarbeitung von Kunststoffen anderer Firmen, konnte dieses - man kann sagen ideale Material - in dem von der Firma Kulzer gelieferten 'T e c h n o v i t 8001' gefunden werden. Technovit ist ein Autopolymerisat; die Erhärtungsgeschwindigkeit ist durch mehr oder weniger starken Zusatz von Härterlösungen steuerbar. Bei Entgasung der angesetzten Mischung unter einer Vakuumpumpe ist eine

vollkommene Transparenz des Materials nach dessen Erhärtung gegeben. Damit sind die vier Bedingungen, die an das Material gestellt wurden, erfüllt, denn auch die Temperatursteigerung, die bekanntlich mit der Erhärtungsgeschwindigkeit im direkten Verhältnis steht, ist also beeinflußbar. Dies war einer der wichtigsten Punkte, die zu beachten waren, da die Begrenzungsflächen des darzustellenden Zementes von Wachs gebildet werden müssen.

b) Modell - Herstellung

Nach eigener Methode wurde die lückenlose Serie des zweiwurzeligen Modellzahnes mittels eines Projektionsapparates in 4o-facher Vergrößerung, Präparat nach Präparat, direkt auf Seidenpapier projiziert. Besondere Beachtung war hierbei der räumlichen Orientierung der einzelnen Schnitte zu schenken.

Um Fehlerquellen beim Übertragen der auf Seidenpapier gezeichneten Konturen auf Wachs zu vermeiden, wurde direkt durchgezeichnet, d.h. die einzelnen Wachsplatten dienten als Zeichenunterlage. Beim vorsichtigen Abheben des Seidenpapiers von der Wachsplatte hoben sich die durchgezeichneten Linien, die für die plastische Darstellung gebraucht wurden, einwandfrei

ab.
Während der Projektion sind nicht nur die Wurzelkanal-Lumina, sondern auch die Umrisse des Zementanteiles gezeichnet worden.

Nachdem die lückenlose Schnittserie genau der Reihe nach, Schnitt für Schnitt, auf Wachsplatten durchgezeichnet worden waren, wurden die sichtbaren Konturen der darzustellenden Pulpa und des Zementes mit einem feinen Federmesser nachgeschnitten.

Hierbei war darauf zu achten, daß das Messer senkrecht zur Platte geführt wurde, da bei schräger Schnittführung beim Aufeinandersetzen der Platten Ungenauigkeiten auftreten. Zur Vermeidung einer Verwechslung wurden die gezeichneten Wachsplatten fortlaufend numeriert.

Im Format der vergrößerten Schnitte wurde eine Sperrholzplatte zubereitet. Das mit den Umrissen des Pulpen- und Zementraumes versehene Seidenpapier des vom Apex entferntesten, d.h. des 12o. Schnittes, wurde auf die zubereitete Holzplatte gelegt, um die Konturen auf diese durchzeichnen zu können.
Nach dieser Markierung wurde der Pulpenraum und der Zementmantel ausgeschnitten und entfernt.Auf diese Platte wurde nun die erste Wachsplatte fixiert und zwar mit Hilfe des

Dentins und der die äußere Begrenzung des Zementes bildenden Wachsschicht.

Da nach Entfernung des den Zementmantel darstellenden Wachses der Dentinanteil keine zusammenhängende Verbindung mit den äußeren Anteilen der Wachsplatten haben würde, mußte eine Querverstrebung auf der Holzplatte angebracht werden. Diese Querverbindung wurde mit Hilfe zweier Metallschienen hergestellt, die auf die Holzplatte aufgeschraubt wurden und somit dem freischwebenden Dentinanteil mit eingeschlossenem Pulpenraum eine räumliche Orientierung gaben. Nachdem diese Voraussetzung erfüllt war, konnte das den Zementmantel und den Pulpenraum darzustellende Wachs ohne Bedenken entfernt werden.

Die mit den Umrissen des Pulpen- und Zementraumes versehenen Wachsplatten wurden einzeln übereinandergelegt. Dabei erwies es sich als zweckmäßig, jeweils nur 2 bis 3 Platten übereinanderzulegen, diese vor eine starke Lichtquelle zu halten, und bei Deckung der eingeschnittenen Konturen die Platten gegeneinander zu fixieren. Dies geschieht in einer Verschmelzung der einzelnen Platten mittels eines sehr heißen Wachsmessers. Nach Fixierung wurden die Kanal- und Zement-Lumina ausgeschnitten. Bei häufiger Wiederholung der einzelnen Vorgänge

erhält man einen großen Wachsblock, in dem der Pulpen- und Zementraum als Hohlräume erscheinen. Diese beiden Hohlräume bilden die negative Form des darzustellenden Modells.

Dieser so entstandene Wachsblock weist sehr unebene Seitenflächen auf, da die einzelnen, miteinander verbundenen Wachsplatten bei der Fixierung nicht genau übereinander zu liegen kamen. Mit Hilfe einer über einer Gasflamme erhitzten breiten Metallschiene wurden die Seitenflächen geglättet, und somit die Platten auch an ihrer äußeren Begrenzung verschmolzen. Außer der rechtwinkligen Gestaltung des Wachsblockes wurden an diesem Richtlinien angebracht, da zur Glättung der Begrenzungsflächen der entstandenen Hohlräume der Wachsblock wieder in mehrere (6-7) Teile zerlegt werden muß, je nach den Feinheiten des zu erwartenden positiven Modells.

Bis dahin bildete die Sperrholzplatte die Unterfläche des Wachsblockes, sie wurde zur Deckfläche, indem der Block gedreht wurde.

Die Schrauben der Metallschienen, die beide Dentinanteile mit eingeschlossenem Pulpenraum in der richtigen räumlichen Orientierung zur Stärke des Zementmantels hielten, wurden gelöst. Beide Wurzelanteile ohne Zementumhüllung konnten, am Ausschnitt der Sperrholz-

platte fixiert (mit Hilfe von Nägeln) und darüber hinaus mit den Metallschienen verschraubt, aus der Wachsform entfernt werden.

Innere und äußere Begrenzungsflächen des Zementes mit Zinnfolie isoliert. Vorbereitungen zum Einbringen des Kunststoffes getroffen.

Infolge der relativ starken Vergrößerung mit Hilfe der aufgeschichteten 2 mm starken Wachsplatten hatte sich eine stufenförmige Außenfläche des Dentins bzw. die Innenfläche des darzustellenden Zementes ausgebildet. Die scharfen Übergänge der einzelnen Platten wurden beseitigt und damit eine relativ glatte Oberfläche erhalten.

So wurde mit beiden Wurzelanteilen verfahren.

Danach konnten beide wiederum in einzelne Teile zerlegt werden, um auch die auf die gleiche Weise entstandene stufenförmige Begrenzungsfläche des Pulpenraumes glätten zu können.

Hierbei war dem relativ unebenen Verlauf der Pulpa besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Auf die gleiche Weise wurde die stufenförmige äußere Begrenzungsfläche des Zementes geglättet.

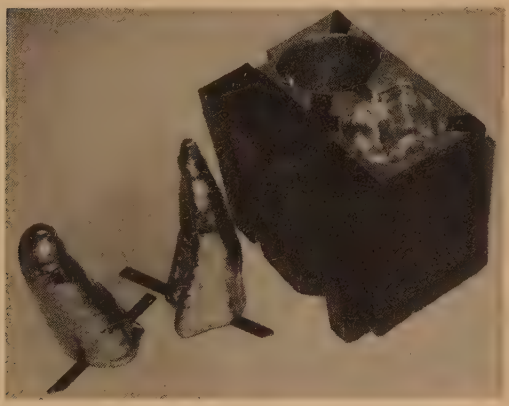
Zur plastischen Darstellung des Pulpenraumes diente 'M o l d a n o' (Hartgips). Zur Verstrebung des Gipses wurden mehrere mit Retentionen versehene Stahldrähte verwendet, deren Enden durch ein vorher gebohrtes Schraubloch der am Dentinanteil befestigten Schiene gezogen und dort verankert wurden.

Beim Einfüllen des in normal plastischer Konsistenz zubereiteten Gipses wurde so verfahren, daß das Dentin, das die Begrenzung für den Pulpenraum bildet, wiederum in mehrere Abschnitte zerlegt, und somit auch der Gips, vom Apex angefangen, in einzelnen Stufen eingebracht wurde.

Nachdem der Gips abgebunden ist, werden die getrennten Wachsteile wieder miteinander verschmolzen.

Zur plastischen Darstellung des Zementes wurde Kunststoff verwendet.

Hierzu waren einige Vorbereitungen zu treffen. Die Begrenzungsflächen des darzustellenden Zementes mußten isoliert werden. Zur Isolierung diente eine o,o2 mm starke Zinnfolie, die der inneren und äußeren Begrenzungsfläche des Zementes anrotiert wurde. Nichthaftende Folienanteile mußten nachträglich geklebt werden.



Dentinkerne mittels Schienen in räumlicher Orientierung zum Zement. Hohlraum des darzustellenden Zementes sichtbar.

Vor dem Einbringen des Kunststoffes wurde die Zinnfolie von etwa anhaftenden Fett- oder Staubpartikelchen mit fettlösenden Mitteln gesäubert. Die an den Schienen befestigten Wurzelanteile waren aus dem Wachsblock herausgenommen worden.

Die von der Firma Kulzer für die Verarbeitung angegebenen Zusatzmengen von Härterlösung zur Grundflüssigkeit wurden unterschritten, um die eventuell trotzdem noch auftretende Wärmeentwicklung weitgehendst einzuschränken.

Technovit - Ansatz

Grund - Lösung ------ 1 = 48 g
Härter - Lösung 2 = o,7 ccm
3 = o,7 ccm

In diesem Verhältnis wurde der Ansatz vorgenommen, allerdings jeweils in 5-facher Menge. Das Vermischen des Ansatzes mußte relativ schnell vor sich gehen. Die dabei trotz sorgfältigstem Verrühren eingeschlossenen Luftbläschen wurden mit Hilfe einer Vakuumpumpe entfernt.

Das Technovit ließ man vorsichtig, kontinuierlich an der äußeren Begrenzungsfläche des darzustellenden Zementes hineinfließen, um eine nachträgliche Luftblasenbildung zu vermeiden.

Nach Einbringung einer etwa für das darzustellende Zement ausreichenden Menge dieser Lösung, werden die als Stempel wirkenden, aus Pulpa und Dentin gebildeten Wurzeln ganz langsam in die Flüssigkeit getaucht, so daß der Kunststoff nach oben entweichen kann.

Beim Einbringen der beiden Wurzeläste wurden, zur genauen Arretierung der Schienen, die aus dem Wachsblock gelösten Schrauben wieder eingedreht. Damit war die ursprüngliche Lage der einzelnen darzustellenden Anteile wieder hergestellt.
Der ganze Block wurde, um ein zu schnelles Aushärten des Kunststoffes zu verhindern, bei etwa 15 °C für längere Zeit gelagert.

Durch geringe Oberflächenschrumpfung war das Nachgießen von Material in den ersten zwei Tagen nötig.
Nach drei Wochen Härtungsdauer, es war zweckmäßig so lange zu warten, wurde mit dem Entfernen des den Zementmantel umgebenden Wachses begonnen. Die dem Technovit anhaftende Zinnfolie konnte relativ leicht abgezogen werden.
Danach wurde das restliche Wachs, am Modell das Dentin darstellend, entfernt.

Hierbei wurde so verfahren, daß zuerst die dem Apex entferntesten Schichten beseitigt wurden. Dabei war besondere Sorgfalt auf den Verlauf der Pulpa, dargestellt in Gips, zu legen. Nur mit sehr großer Mühe war es möglich, etwa bis zur Hälfte des Modelles, das Wachs mit Hilfe eines Wachsmessers zu entfernen. Der Rest wurde durch mehrmaliges Übergießen mit kochendem Wasser (Ausbrühen) zum Schmelzen gebracht und weggespült.

Die an der Innenfläche des Zementmantels anhaftende Zinnfolie wurde mit Hilfe von Salzsäure entfernt.

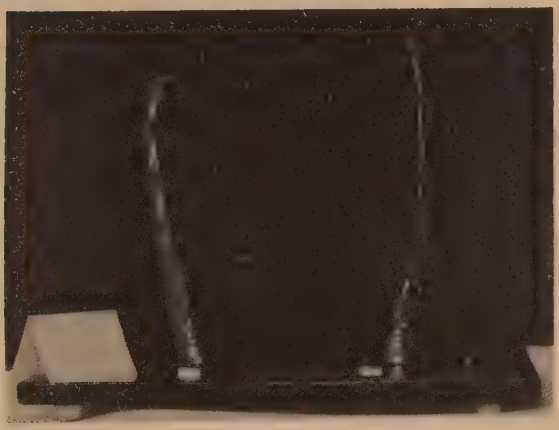
Die trotz glatter Modellation der äußeren Begrenzungsfläche des Zementes aufgetretenen Rauhigkeiten wurden unter Verwendung von Bimssteinpulver und Schlämmkreide geglättet. Hierzu wurde der in der Bifurcatio zusammenhängende Zementmantel von der Unterlage befreit, d.h. sie wurden vom Pulpenraum abgehoben.

Die räumlichen Verhältnisse, die bei der Modellherstellung durch die dafür zubereitete Sperrholzplatte gewährleistet waren, wurden nunmehr auf eine entsprechend große Holzplatte übertragen.

Der den apikalen Pulpenraum darstellende Hartgips (Moldano) wurde mit roter Lackfarbe ge-

strichen. Zur Isolation der Farbe gegen Gips und Metalldraht diente Kellergrund (Isoliermittel).

Auf der zubereiteten Holzplatte wurden die beiden, den Pulpenraum darstellenden Teile in der entsprechenden räumlichen Orientierung zueinander und zu der sie umgebenden Zementschicht unter Verwendung von Schrauben befestigt.



Modell des in 4o-facher Vergrößerung dargestellten apikalen Pulpenraumes.

Der Zementmantel der beiden Wurzeläste konnte somit an einer vorgezeichneten Markierungslinie darübergestülpt werden.

Aufgrund der Darstellung des Zementes in durchsichtigem Material ist Einblick von außen auf den plastisch dargestellten apikalen Pulpenraum und dessen räumliche Ausdehnung zu dem ihn umgebenden Zement gewährleistet.

- M o d e l l -

Zementmantel über apikalem Pulpenraum.

IV. Vergleich der ermittelten Ergebnisse mit denen anderer Autoren.

Zu dem Vergleich sollen die Autoren : R i c h t e r, H e s s, K e l l e r und M e y e r herangezogen werden.

R i c h t e r hat leider nur obere Prämolaren über 4o Jahre in die Untersuchung einbezogen.
So läßt sich darüber sagen:

Verfasser fand unter 13 Zähnen an:
11 Zähnen = 22 durchgehende Seitenk.

Eigene Untersuchungen zeigten unter 1o Zähnen an:
8 Zähnen = 14 durchgehende Seitenk.

H e s s und K e l l e r hatten in ihren Ergebnissen alle vom Wurzelkanal abgehenden Seitenästchen, ob durchgehend oder blind endend, zusammengefaßt.

Daher kann auch der Vergleich ihrer Ergebnisse mit denen der vorliegenden Arbeit nur auf dieser Basis stattfinden.

Die Vergleiche mit M e y e r' s Arbeiten sollen an Hand seiner eigenen Tabellen durchgeführt werden.

Maxima der Seitenkanälchen oberer erster Prämolaren. (In den Zahlen von H e s s und K e l l e r sind die blinden Enden mit enthalten.) Bei den Zahlen von M e y e r und den eigenen Untersuchungen handelt es sich nur um die zur Wurzelhaut durchgehenden Seitenk.

	Zahn	Seitenk.	Blinde Enden
H e s s	4		5
K e l l e r	4		5
M e y e r	4	12	
Eigene Unters.	4	4	

Maxima der gefundenen Blinden Enden

	Zahn	Seitenk.	Blinde Enden
M e y e r	4		5
Eigene Unters.	4		9

Kombination der Maxima der Seitenkanälchen mit zugleich beobachteten blinden Enden.

	Zahn	Seitenk.	Blinde Enden
Meyer	4	12	3
Eigene Unters.	4	4	1

Kombination der Maxima der Blinden Enden mit zugleich beobachteten Seitenkanälchen.

	Zahn	Blinde Enden	Seitenk.
Meyer	4	5	1
Eigene Unters.	4	9	1

Die Summe der in einem Zahn zugleich beobachteten Maxima von Seitenkanälchen und Blinden Enden.

	Zahn	Blinde Enden + Seitenk.
Meyer	4	15
Eigene Unters.	4	1o

V. D I S K U S S I O N

Im folgenden soll auf die in der vorliegenden Arbeit durchgeführten Untersuchungen eingegangen werden, um sie mit den bisher angewandten Verfahren zur Bestimmung des anatomischen Baues des Pulpenraumes in Vergleich zu setzen.

Wie schon anfangs ausgeführt wurde, hat P r e i s w e r k den Grundstock für die plastische Darstellung der Wurzelkanäle gelegt.
P r e i s w e r k, G. F i s c h e r u.a. füllten die durch Mazeration des Pulpengewebes entstandenen Hohlräume mit einem flüssig eingebrachten und später erhärtenden Material.

Ganz abgesehen von dem großen, rein technischen Unterschied zu der in der vorliegenden Arbeit angewandten Methode, ist wohl nicht zu übersehen, daß ihr auch einige Fehlerquellen anhaften.

Es ist durchaus möglich, daß im Kanal Gewebsreste zurückbleiben, so daß diese Räume nicht vom eingebrachten Füllmaterial einge-

nommen werden können. Auch Lufteinschlüsse können beim Einfüllen zurückbleiben, da sie nicht rechtzeitig an den Kanalwandungen entweichen konnten. Blinde Enden werden kaum, wegen der schwierigen Gewebsentfernung, zur Darstellung gelangen.

Die plastische Darstellung in der vorliegenden Arbeit stützt sich auf histologische Befunde, d.h. der Wurzelkanal mit seinen etwa abzweigenden Seitenkanälchen werden serienmäßig histologisch erfaßt und registriert.

Die Darstellungsverfahren fast aller angeführten Autoren beschränken sich auf die Wiedergabe des Wurzelkanals in seiner Originalgröße.

Versuche zur Rekonstruktion des Wurzelkanals, auf Grund histologischer Untersuchungen, mit Hilfe der in der vorliegenden Arbeit angewandten B o r n ' schen Plattenmodelliermethode sind schon 19o7 von F i s c h e r (6) angestellt worden. F i s c h e r konnte damals jedoch keine geeigneten Modelle erzielen.
Es ist nicht bekannt geworden, ob F i s c h e r mit dieser Methode eine maßgerechte Wiedergabe des Pulpenraumes schaffen wollte, oder ob er das Rekonstruktionsmodell in einer bestimmten Vergrößerung herstellen wollte. Eine

plastische Gestaltung des Wurzelkanals in seiner normalen Größe ist an Hand dieser Methode nicht möglich. Bei der grazilen Gestaltung des Kanals und dessen Abzweigungen ist Wachs nicht das geeignete Material.

Erst M e y e r (18) hat in groß angelegten Untersuchungsreihen histologische Serienschnitte von allen Zahntypen hergestellt, ausgewertet und danach in einer 5o-fachen Vergrößerung Reproduktionsmodelle zur Darstellung gebracht. M e y e r konnte feststellen, daß die Wurzelkanäle aller Zahntypen mehr oder weniger Abzweigungen aufwiesen.

Die Einteilung der Abzweigungen wurde in der vorliegenden Arbeit von M e y e r übernommen, da er eine klare und unmißverständliche Definition für die Art der Bezeichnung gab. Dies tat er jedoch nicht in seinen ersten Veröffentlichungen, sondern erst, nachdem er von anderer Seite darauf hingewiesen wurde. M e y e r unterscheidet nur durchgehende Seitenkanälchen, das sind Verbindungen des Pulpenhauptkanals mit dem Periodontium, und Blinde Enden, das sind Abzweigungen vom Kanal, die aber im Dentin oder Zement enden, ohne zur Wurzelhaut vorzudringen.

Die Bezeichnungen anderer Autoren können in diesen Untersuchungen keine Verwendung finden, da ihre Definition sehr variabel ist.

H e s s (13) unterscheidet :

1. Markkanäle,
   die von den Wurzelkanälen durch das Dentin und Zement hindurch zum Periost ziehen.
2. Apikale Verzweigungen,
   liegen innerhalb 4 mm der Wurzelspitze und bilden das apikale Delta.

R i c h t e r (33) unterscheidet :

1. Apikale sogenannte Delta-Teilung
   (bis zu 2 mm vom Apex entfernt)
2. Hochgelegene Ramifikationen
   (mehr als 3 mm vom Apex entfernt)
3. Markdukten oder Markkanäle
   (Verbindungen 2er selbständ.Kanäle)
4. Blind endigende Verzweigungen.

Bei der histologischen Befunderhebung wurden nicht nur die zahlenmäßigen Abzweigungen vom Hauptkanal erfaßt, sondern auch die genaue Entfernung vom Apex festgestellt.

Diese Art der Differenzierung wurde schon von H e s s, R i c h t e r und M e y e r angestellt.

Durch die genaue Festlegung der Abzweigungen in ihrer Entfernung vom Apex, konnte gefunden werden, daß von den 6 mm des untersuchten Wurzelspitzenteils die ersten 4 mm vom Apex entfernt, die weitaus meisten Abzweigungen aufwiesen.

Durchgehende Seitenkanäle	:	24	von	28
Blinde Enden	:	43	von	53 .

M e y e r ist auf Grund seiner Beobachtungen gleichfalls zu dem Ergebnis gekommen, daß in dem Abschnitt zwischen 4 mm und 6 mm nur wenige, in dem Bereich bis zu 4 mm zweifellos das Gros der Verzweigungen anzutreffen sei.

Einschränkend dazu ist zu sagen, daß die Auswertung der Schnitte, selbst der angefertigten Skizzen teils zweifelhaft sein kann.
Bei verschiedenen Zähnen verlaufen durchgehende Seitenkanälchen und blinde Enden ineinander, so daß nicht mehr ohne weiteres festgestellt werden kann, wie der weitere Verlauf der einzelnen Kanälchen sein könnte.
Die plastische, vergrößerte Darstellung bietet gegenüber einer histologischen Auswertung den

Vorteil, daß abzweigende Seitenkanälchen in ihrer Stärke genau erfaßt werden können.

Die Überprüfung der Abzweigungen bei den verschiedenen Altersstufen ließ erkennen, daß die durchgehenden Seitenkanälchen mit zunehmendem Alter abnehmen, während Blinde Enden häufiger anzutreffen waren.

Leider kann kein Vergleich der gefundenen Ergebnisse mit denen von H e s s vorgenommen werden, da er diesbezüglich jede Art von Abzweigungen zusammenfaßte, wobei er die meisten Verzweigungen im Alter von 2o bis 4o Jahren feststellte.

Nach abgeschlossener histologischer Auswertung wurde die plastische Darstellung eines Modellzahnes vorgenommen. Die Rekonstruktion des Pulpenraumes und des Zementes wurde unter Verwendung der B o r n ' schen Plattenmodelliermethode durchgeführt.

M e y e r und S c h e e l e haben vor einigen Jahren die plastische Rekonstruktion des Wurzelkanales an verschiedenen Zahntypen durchgeführt. M e y e r stellte die Modelle in einer 5o-fachen Vergrößerung dar, während die in dieser Arbeit vorliegenden 5o µ starken Serienschnitte um das 4o-fache mit Hilfe von 2 mm starken Wachsplatten vergrößert wurden.

Versuche, Wachsplatten nach der von M e y e r angegebenen Methode herzustellen, scheiterten an Ungenauigkeiten. Daneben mußte die Art des Wachses so gewählt werden, daß der Schmelzpunkt auf keinen Fall 35 °C überstieg.

Das Wachs, das M e y e r zur Modellherstellung verwandte, brauchte diese Bedingung nicht aufzuweisen, da das Wachs als eigentliches Reproduktionsmaterial Anwendung fand, d.h. das Wachs wurde zur Darstellung des Modelles verwendet.

In der vorliegenden Arbeit kam es zusätzlich darauf an, gleichzeitig den Zementmantel der Wurzel zur Darstellung zu bringen. Das Wachs wurde also für die negative Gestaltgebung des darzustellenden Modelles benötigt; es sollte die Begrenzungsflächen des Pulpenraumes und des Zementes bilden.

Damit ergibt sich ein neuer wichtiger Unterschied zu M e y e r 's Modellen.

Schon andere Autoren - A d l o f f, F a s o l i - A r l o t t a, M o r a l, J u n g h e n n - konnten unter Verwendung des S p a l t e h o l z 'schen und K r a u s e ' schen Aufhellungsverfahrens bei der plastischen Darstellung des Pulpenraumes, im Gegensatz zu den Korrosionsmethoden, bei denen Zement und

Dentin verlorengehen, eine körperliche Vorstellung über das Verhältnis des Pulpenraumes zum Zahnganzen vermitteln.

Auch R i c h t e r ist in diesem Zusammenhang anzuführen, der durch Röntgen seiner mit Quecksilber ausgefüllten Wurzelkanäle eine allerdings nur in einer Ebene herzuleitende räumliche Orientierung schaffen konnte.

Da die von M e y e r angewandte Methode, das Modell einer vergrößerten Pulpa darzustellen, nichts über ein Verhältnis der Pulpa zum Zahnganzen ausdrückt, erschien es zweckmäßig, nicht nur die Pulpa, sondern gleichzeitig auch den Zementmantel plastisch zu rekonstruieren.

In der vorliegenden Arbeit wurde also neben der plastischen Rekonstruktion des apikalen Pulpenraumes der die Wurzel umschließende Zementmantel in durchsichtigem Material dargestellt. Da hierfür ein in flüssiger Form verwendbarer, bei der Autopolymerisation keine Temperatursteigerung aufweisender, nach Erhärtung glasklarer Kunststoff Anwendung finden sollte, war die Materialbeschaffung äußerst schwierig. Voraussetzung für das nach der Verarbeitung glasklar bleibende Material ist die Entgasung (Vakuum) der angesetzten Mischung, um zu verhindern, daß eingeschlossene Luft-

blasen in der Masse zurückbleiben.

Nach der von M e y e r angewandten Methode wurden die Wurzelkanal-Lumina im Größenverhältnis 5o : 1 ausgeschnitten und der Reihe nach zusammengesetzt, so daß damit das Kanallumen als Modell entstand.

Bei der hier angewandten Methode war der Ablauf des Arbeitsganges ein komplizierterer.

Während bei M e y e r direkt das positive Modell entstand, wurde in dieser Arbeit das Negativum des darzustellenden Pulpen- und Zementraumes, durch Entfernen der entsprechenden Wachsteile, geschaffen.

Dieser Arbeitsgang wurde durch die gleichzeitige Darstellung des Zementes entwickelt.

Vor dem Einfüllen des Kunststoffes mußten die aus Wachs gebildeten Begrenzungsflächen des darzustellenden Zementes mit Zinnfolie isoliert werden, da nur dadurch die Schaffung einer glatten Oberfläche und somit die Durchsichtigkeit des Materials gewährleistet war. Versuche mit Isoliermitteln auf der Basis von Polyamiden, wie Diacrylfolie, Fluordensfolie oder Elastofol schlugen fehl, da es nicht möglich war, die Isolierfilme auf dem Wachs zu befestigen.

Nach Erhärtung der verarbeiteten Materialien konnte das Wachs entfernt werden.

Das entstandene, 24 cm hohe Modell zeigte den Verlauf der Wurzelkanäle in ihrem räumlichen Verhältnis zum Zement.

Erst ein auf dieser Grundlage dargestelltes Modell kann ein für die Wurzelbehandlung wichtiges Auschauungsmaterial aufzeigen.

In letzter Zeit sind Untersuchungen über die Anatomie der Wurzelkanäle im Hinblick auf das Problem der Wurzelbehandlung angestellt worden. Von Wichtigkeit sind dabei nicht die Abzweigungen an sich, sondern nur die das Zement durchlaufenden Seitenkanälchen, wie dies auch von R i c h t e r angeführt wurde, der die auftretenden blinden Enden in seiner Tabelle unberücksichtigt ließ.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

1. Im Verlauf dieser Untersuchungen sollte

   a) an Hand von histologischen Schnitten die Topographie des apikalen Pulpenraumes von ersten oberen Prämolaren ermittelt werden.

   b) eine plastische Rekonstruktion des Pulpenraumes und des Zementes dieser Zähne in einem Abschnitt von 6 mm der Wurzelspitze hergestellt werden.

2. Von 22 ersten oberen Prämolaren wurden Schnittserien hergestellt, von denen 17 zur histologischen Auswertung kamen.

3. Von den 35 ermittelten Hauptkanälen zweigten 28 durchgehende Seitenkanälchen und 53 blinde Enden ab.

   Höchstzahl der durchgehenden Seitenkanälchen: 4

   " " Blinden Enden : 9

4. Plastische Darstellung des Pulpenraumes und des Zementes in 4o-facher Vergrößerung unter Verwendung der B o r n ' schen Wachsplattenmodelliermethode.

5. Bei der Modellgestaltung wurde der Pulpenraum in Hartgips, das Zement in durchsichtigem Kunststoff hergestellt.

VII. LITERATURNACHWEIS

(1) ADLOFF, P. : Über das Durchsichtigmachen von Zähnen und unsere Wurzelfüllungsmethoden.
D.M.f.Z. 1913, H.6

(2) BAUMGARTNER, E.: Zur Anatomie des Foramen apicale.
D.M.f.Z. 19o9, S.837

(3) BERNARD, P. : Resultats experimentaux obtenus par l'Ionophorése.
Nouvelle Etude sur l'Ionophorése par le Docteur.
Paris 1949

(4) FABIAN, H. : Spezielle Anatomie des Gebisses.
Dr. Werner Klinkhardt-Verlag
Leipzig 1928

(5) FEILER, E. : Zur Anatomie des Foramen apicale.
D.M.f.Z. 1915, H.1, S.26

(6) FISCHER, G. : Über die feinere Anatomie der Wurzelkanäle menschlicher Zähne.
D.M.f.Z. 19o7, S.544

(7) derselbe : Beiträge zur Behandlung erkrankter Zähne mit besonderer Berücksichtigung der Anatomie und Pathologie der Wurzelkanäle.
Dt. Zahnheilkunde in
Vortr. 19o8, H. 4/5

(8) derselbe : Über den heutigen Stand der Wurzelbehandlung mit Rücksicht auf die feinere Anatomie der Wurzelkanäle insbesondere am Foramen apicale.
Dtsch. Mschr. f. Zahnheilk.
1912, S.81

(9) derselbe : Normale und pathologische Biologie des Zahnsystems.
Berlin - München - Bielefeld 1953

(1o) derselbe : Zur Anatomie der Wurzelkanäle.
Z.R. 1954/ 24, S.693

(11) FISCHER, G. : Über Restpulpitis.
Z. R. 1955, H.18

(12) derselbe : Über Pulpaverzweigungen im Wurzelkanal menschlicher Zähne, ein biologisches Problem.
Österr. Zeitschr. f. Stomatologie
1956, H.7, S.337

(13) HESS, W. : Zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses mit Berücksichtigung der feineren Verzweigungen am Foramen apicale.
Schw. V.f.Z. 1917, Nr.1, S.1

(14) JUNGHENN, F. : Die Darstellung der Pulpa und ihrer Ramifikationen bei menschlichen Zähnen.
Ergebnisse der gesamten Zahnheilkunde. 1924, Bd.7, H.5
J.F. Bergmann.

(15) KELLER, O. : Untersuchungen zur Anatomie der Wurzelkanäle des menschlichen Gebisses nach dem Aufhellungsverfahren.
Schw. Mschr. f. Zahnheilk.
1928, H.9, S.635

(16) KLEES, L. und PHILIPPART : Die atypischen Seitenkanälchen und ihre praktische Bedeutung.
D.Z.Z. 8, S.173, 1953/I

(17) LOOS, R. : Topographie der Pulpenhöhle mit Rücksicht auf die Präparation der Kavität.
Österr. - Ung. V.f.Z. 19o9

(18) MEYER, W. : Die Anatomie der Wurzelkanäle.
D.Z.Z. 1954, H.9, S.497

(19) derselbe : Herderkrankung und Verantwortung des Zahnarztes.
D.Z.Z. 1954, H.9, S.1152

(2o) MEYER, W. und SCHEELE, E. : Die Anatomie der Wurzelkanäle der oberen Frontzähne.
D.Z.Z. 1955, H.1o, S.1o41

(21) MEYER, W. : Die Probleme der sogenannten Gangränbehandlung. D.Z.Z. 1955

(22) derselbe : Die Darstellung der Wurzelkanäle. Z.R. 1955, 2o, S.532

(23) derselbe : Die Anatomie der Wurzelkanäle. D.D.Z. 1959, 14.Jahrg.,H.17, S.1239

(24) derselbe : Die anatomischen Grundlagen der Wurzelbehandlung. D.D.Z. 196o, H.1o, S.777

(25) MORAL, H. : Über Pulpenausgüsse. D.M.f.Z. 1914, p.617

(26) MÜLLER, A.H. : Anatomy of the root-canals. Journal of the Am. Dent. Ass. 1933, S.1361

(27) OKUMURA, T. : Anatomy of the root-canals. The Journal of the Nation.-Dent. Ass. 1927/I

(28) PORT, G. : Die Wurzelkanäle der unteren Molaren und der oberen zweiten Prämolaren. Österr.-Ung. V.f.Z. 19o5, p.13

(29) PREISWERK, G. : Lehrbuch der Zahnheilkunde. München 19o3

(3o) derselbe : Die Pulpaamputation. Österr.-Ung. V.f.Z. 19o8

(31) PROELL, F.W. : Stellungnahme zur Arbeit von W. MEYER und E. SCHEELE: 'Die Anatomie der Wurzelkanäle' und zu FISCHERs Kritik derselben. Z.R. 1954, H.24

(32) REBEL, H. H. : Ist die Anatomie des Wurzelkanales eine überwindliche Schranke bei der Behandlung der serösen Pulpitiden ? D.Z.Z. 1957/II, H.3, S.1257

(33) RICHTER, E. : Die Verästelung des Wurzelkanals. Med. Diss. Berlin 1936

(34) ROMEIS, B. : Mikroskopische Technik Leibniz - Verlag 1948

(35) SCHUBERT, L. : Kritische Betrachtungen zu klinischen Fragen der Zahnerhaltung. Zahnärztl. Welt, zahnärztl. Reform 1961, H.1, S.2

(36) WAECHTER, R. : Die praktische Bedeutung der Seitenkanälchen. D.Z.Z. 1957, S.1598

(37) WALKHOFF-HESS : Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. Joh. Ambrosius-Barth-Verlag Leipzig 1949

Meinen besonderen Dank möchte ich
Herrn Professor Dr. Dr. E. H a r n d t
für die Überlassung des Themas, für seine
wertvollen Hinweise bei dessen Ausarbeitung sowie für seine freundliche Hilfe
bei der Beschaffung des Materials aussprechen.

L e b e n s l a u f.

Als Sohn des Industrie-Kaufmannes Wilhelm S e e l m a e c k e r und dessen Ehefrau Hedwig, geb. Liedtke wurde ich am 12.1o.29 in Berlin geboren. Nach vierjähriger Grundschulzeit in Berlin besuchte ich die 'Mackensen-Schule' (Oberschule für Jungen) bis zum Jahre 1943. Durch Kriegseinwirkung war ich gezwungen, bis 1945 die Oberschulen in Uelzen und Sorau zu besuchen.

Wieder in Berlin, bestand ich im Mai 1949 die Reifeprüfung in der 'Rheingau-Schule' in Berlin-Friedenau. Nach erfolgloser Bewerbung zum Studium der Zahnmedizin erlernte ich die Zahntechnik.

Zum Wintersemester 1952/53 wurde ich an der Freien Universität Berlin immatrikuliert. Ich bestand im Juli 1955 die zahnärztliche Vorprüfung und approbierte am 27.2.1959.

Von April 1959 bis März 196o war ich als Zahnarzt in einer Praxis tätig. Während dieser Zeit und in dem folgenden Jahr beschäftigte ich mich mit der Auswertung der während meines Studiums angefertigten histologischen Schnitte, der Materialbeschaffung, Herstellung des Modells sowie mit der Ausarbeitung der mir überlassenen Dissertation.
Seit dem 2o.2.1961 bin ich wieder in einer Praxis tätig.

Berlin, im April 1961